

A
3-382

На правах рукописи

ЗАХАРОВ Александр Анатольевич

**ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ
СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**05.13.18 - математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук**

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
Уральского Государственного университета
г. Екатеринбург

Красноярск 2002

Работа выполнена на кафедре программного обеспечения
Тюменского государственного университета

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор
Доррер Георгий Алексеевич

Доктор физико-математических наук,
профессор
Новиков Евгений Александрович

Доктор технических наук, профессор
Пяткин Валерий Павлович

Ведущая организация:

Ярославский государственный
университет

Защита диссертации состоится «14» мая 2002 г. в 14 часов на
заседании диссертационного совета Д212.098.04 в Красноярском
государственном техническом университете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Красноярского технического университета.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью, просим высылать
по адресу: 660074, г. Красноярск, *ул. Киренского, 26, ученому
секретарю диссертационного совета С.А. Бронову.

Автореферат разослан 12 апреля 2002 года.

Учёный секретарь
специализированного
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



С.А. Бронов

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Современные информационные технологии и компьютерные телекоммуникации открывают принципиально новые возможности формирования единого информационного пространства для решения научных задач. В настоящее время технические и технологические возможности позволяют обеспечивать новую информационно-инструментальную поддержку научных исследований. Появляется возможность создавать информационные системы, объединяющие эмпирический и математический уровни, что позволяет работать по единой технологии, как с экспериментальными данными, так и с математическими моделями вычислительного эксперимента. Это в идеале обеспечивает весь технологический цикл обработки данных в рамках Data WareHouse (от ввода и нормализации данных до их аналитической обработки в режиме OnLine). При этом помимо принципиально нового уровня получения и обобщения знаний, их распространения и использования эффективно достигается одна из основных целей моделирования – стимулирование к накоплению экспериментальных данных.

В качестве основы для интеграции технологий вычислительного эксперимента (как с математическими, так и концептуальными моделями) и реляционных баз данных можно выбрать подход, суть которого состоит в усложнении прикладной программной среды на основе синтеза программного кода (объектов) и структурированных данных. Это позволяет сформировать единое информационное пространство для экспериментального и теоретического исследования проблемы, включающее совокупность модулей и технологий, обеспечивающих исследователям следующие возможности:

- работу со своими данными по готовым моделям,
- анализ своих моделей на всем массиве данных,
- анализ экспериментальных и расчетных данных для выбора наиболее подходящей модели в конкретной ситуации.

С помощью стандартных способов доступа к удаленным базам такую информационную систему можно преобразовать в виртуальную лабораторию. На ее основе можно сделать CD-энциклопедию по выбранному направлению, что особенно актуально при внедрении новых информационных технологий в образовательный процесс.

В диссертации показано, как предложенная технология может эффективно использоваться при создании распределенных информационных систем моделирования сложных динамических процессов в различных областях – автоматизации научных исследований и решении задач управления в экономике. Возможности этой технологии продемонстрированы при создании информационных систем моделирования для решения следующих задач:

- исследование сложных колебательных режимов одного класса моделей популяционной экологии;
- определение состава и свойств газовой и жидкой фаз углеводородных систем;
- планирование физико – химических экспериментов;
- создание динамических кадастровых систем.

Ниже приведена краткая характеристика указанных областей.

Регулярные циклические колебания численности некоторых популяций - это своего рода «природный эксперимент», который может внести некоторую ясность относительно факторов, воздействующих на плотность популяции. Для объяснения причин, вызывающих колебания, предложено несколько гипотез: стресс, колебания за счет взаимодействия «хищник-жертва», динамическое взаимодействие с пищевыми ресурсами, генетический контроль и т.д. При этом отмечается, что колебания возникают и благодаря естественно возникающему запаздыванию в относительной скорости роста популяции. Некоторые модели, в которых используется фактор запаздывания, хорошо поддаются строгому математическому описанию. Если запаздывание является причиной колебаний, то вид колебательного режима может существенно зависеть от таких факторов, как неоднородность среды обитания, миграции, внешнее воздействие. В подобных моделях применение традиционных в теории колебаний аналитических методов зачастую не дает должного эффекта. Остается только численный анализ. Очевидно, что возможности такого анализа возрастают, если исходный материал, результаты расчетов, и модели объединены в единой системе управления данными.

Важнейшая задача физико-химического анализа - установление и, по возможности, предсказание зависимости

(диаграммы) «состав—свойство». Каждая такая диаграмма - это итог большого количества экспериментальных исследований. Она помогает решить ряд практических задач и имеет важное теоретическое значение. Поэтому актуальной является задача создания компьютерной модели диаграмм состояния. Основой для такой модели может служить тот факт, что диаграммы состояния различного вида генеалогически связаны между собой. Поскольку на концептуальном уровне модель диаграммы состояния достаточно подробно проработана, то сбор экспериментальных данных в единую базу, включение в нее объектно-ориентированного программного кода для интерполяции и 2D-3D визуализации позволяет прогнозировать элементы новых диаграмм на основе трансформации свойств ранее созданных.

Информация о составе и свойствах газовой и жидкой фаз углеводородных систем имеет важное практическое значение при подсчете запасов, разработке, эксплуатации, обустройстве нефтяных месторождений, а также при выборе промыслового оборудования для переработки и транспортировки сырья. Данные о продукции скважин входит в перечень обязательной информации наряду с результатами геохимических и геолого-геофизических исследований, данными сейсморазведки, сведениями о добыче, замерах текущего пластового давления и температуры, материалами лабораторных анализов образцов пород-коллекторов и т.д. Для сбора такого рода данных используются эксперименты, но в ряде случаев, например, при исследовании состава газовой и жидкой фаз пластовой нефти в стволе скважины или при транспортировке нефти по трубопроводу в принципе не представляется возможным получение данных опытным путем. Невозможно опираться только на экспериментальные исследования и при выборе оптимального режима многоступенчатой сепарации сырья из множества возможных вариантов. Отсюда актуально развитие методов математического и компьютерного моделирования поведения углеводородных смесей при различных термобарических условиях.

В настоящее время города оказались самыми заинтересованными из объектов всех уровней управления, реально вкладывающих финансы в информационные технологии. При этом общепризнанно, что грамотно

спроектированная информационная база земельного кадастра обеспечивает единую точку доступа к разнообразной информации, собираемой в городских службах. Иными словами, городской земельный кадастр обеспечивает технологическую возможность надежного функционирования городской информационной среды. По мере накопления данных система земельного кадастра позволяет перейти к земельно-имущественному кадастру и далее - к интеграции с другими ведомственными информационными системами. Представляется актуальной разработка методов формирования информационных кадастровых баз, дающих возможность совершить переход от статического кадастра к динамической системе, которая не только обеспечивает сбор, обработку и хранение информации, но и в перспективе способна максимально участвовать в управлении на муниципальном уровне.

Целью работы является развитие технологий, интегрирующих реляционный и объектно-ориентированный подходы применительно к задачам:

- численного исследования устойчивых колебательных режимов в распределенных системах с запаздыванием, моделирующих динамику численности изолированных и взаимодействующих популяций с учетом таких факторов, как миграция, неоднородность ареала обитания, внешнее воздействие на популяцию;
- создания информационной системы для изучения состава и свойств газовой и жидкой фаз углеводородных систем;
- создания компьютерной модели трансформации фазовых диаграмм в системах $A''S - Ln_2S_3$ ($A'' = Ca, Sr, Ba$; $Ln = La - Lu, Y$) для прогнозирования новых фазовых диаграмм малоизученных систем на основе программной реализации компьютерной модели;
- разработки комплексной технологии формирования, использования и обновления информационной базы земельного кадастра поселений, которая не только поддерживает установленную государством систему учета, регистрации и оценки земель, но и обеспечивает эволюционное развитие статического земельного кадастра в динамическую

информационную систему принятия решений на муниципальном уровне;

- создания средств соответствующего информационного обеспечения, в том числе пользовательских кадастровых систем.

Научная новизна заключается в применении данной технологии к новым классам задач. С помощью разработанной технологии в работе получен ряд новых научных результатов в различных предметных областях.

Проведены исследования колебательных режимов в распределенных моделях динамики численности:

- изолированной популяции, с учетом таких факторов как запаздывание, неоднородность среды обитания, неоднородность мальтузианского коэффициента, различных стратегий внешнего воздействия;

- двух конкурирующих популяций с учетом подвижности, величины мальтузианского коэффициента и коэффициентов конкуренции, мозаичности среды обитания;

- системы «хищник-жертва» с учетом мозаичности ареала для жертвы и миграции хищника за границу ареала обитания.

Разработана новая методика построения компьютерной модели трансформации фазовой диаграммы на базе интеграции реляционных технологий и программного кода для работы с графическими объектами.

Разработана новая технология и создана информационная система для исследования газонасыщенных нефтей.

Проведено комплексное исследование возможностей использования последних достижений в области геоинформационных систем, теории реляционных баз данных и объектно-ориентированного подхода при проектировании сложных информационных кадастровых систем. Предложена новая методика создания земельного кадастра поселений, интегрирующая данные муниципального и общегосударственного учета на основе поэтапного развертывания и наращивания городского земельного кадастра.

Методология исследований. В качестве базовой методологии создания информационных систем для научных исследований и сложных кадастров выбран подход, реализуемый в геоинформационных приложениях. В рамках этой

технологии информационная система строится путем объединения проблемно-ориентированного программного кода, реляционной атрибутики и результатов расчетов в единой (на логическом уровне) базе данных. В качестве основной математической модели для исследования сложных колебательных режимов динамики численности популяций выбраны распределенные системы дифференциальных уравнений с запаздыванием. Информационная система для расчетов газового фактора строится на основе модели Пенга-Робинсона. Построение фазовых диаграмм осуществляется в соответствии с двумя основными принципами физико-химического анализа - непрерывности свойств отдельных фаз системы при непрерывном изменении параметров и соответствия каждой фазе или комплексу фаз на диаграмме состояния определённого геометрического образа. Кадастровые системы разрабатываются на основе самодостаточных информационных объектов, отражающих все существенные связи между реальными объектами учета.

Достоверность и обоснованность полученных результатов для моделей динамики численности популяций подтверждается качественным сравнением с натурными данными и дальнейшими теоретическими исследованиями в работах других авторов.

Достоверность прогноза, использующего компьютерную модель трансформации фазовых диаграмм двухкомпонентных систем, подтверждается экспериментальной проверкой.

Достоверность расчетов газового фактора подтверждается опытными замерами на реальном месторождении.

Достоверность результатов исследований по информационному моделированию кадастровых систем подтверждается практической реализацией предложенных моделей при создании земельного кадастра г. Тюмени и кадастра городской муниципальной собственности.

На защиту выносятся:

- технология и средства создания распределенных информационных систем моделирования сложных динамических процессов, объединяющих эмпирический и математический уровни и позволяющих единообразно работать с экспериментальными данными, компьютерными и математическими моделями, результатами расчетов;

- результаты исследования колебательных режимов динамики численности изолированной и сосуществующих (конкуренция и хищничество) популяций с учетом гетерогенности среды обитания;
- технология разработки информационной системы для исследования газонасыщенных нефтей.
- метод построения компьютерной модели трансформации фазовых диаграмм «состав-свойство» на основе интеграции реляционных баз и программного кода, ориентированного на работу с графическими объектами;
- результаты анализа и прогноза фазовых диаграмм малоизученных систем;
- технологические подходы к формированию, использованию и обновлению информационной базы земельного кадастра поселений, обеспечивающие постепенный переход от статического земельного учета к динамической информационной системе для принятия управленческих решений на муниципальном уровне;
- практическая реализация информационной системы земельного кадастра г. Тюмени.

Практическая значимость. Предложенная технология интеграции вычислительного эксперимента и реляционной базы данных упрощает использование результатов численного исследования моделей популяционной динамики при изучении реальных факторов, влияющих на плотность популяции, а также при выборе оптимальной стратегии эксплуатации популяций. Такой подход позволяет специалистам увеличить доступность к удалённым информационным массивам, что особенно важно при внедрении новых информационных технологий в образовательный процесс и научные исследования.

Разработана и внедрена методика комплексного изучения фазовых диаграмм в ряду систем, сочетающая экспериментальное построение фазовых диаграмм с созданием компьютерной модели взаимодействия в системах и прогнозом фазовых диаграмм малоизученных систем.

На основе компьютерных моделей трансформации фазовых диаграмм в системах $A''S - Ln_2S_3$ ($A'' = Ca, Sr, Ba$; $Ln = La - Lu, Y$) получены прогнозы фазовых диаграмм для 18 систем.

Информационная система для исследования газонасыщенных нефтей используется для решения прикладных задач моделирования поведения пластовых систем при различных термобарических условиях.

Результаты исследований, посвященных информационному моделированию кадастровых систем, позволили создать в Тюменском городском земельном комитете, городском и областном департаментах имущественных отношений автоматизированные системы для ведения соответствующих кадастров.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены на следующих конференциях и семинарах: VII конференция молодых ученых ИТПМ СО АН СССР (Новосибирск, 1980); 8-я годичная конференция НИВЦ АН СССР; секция «Математическое моделирование» (Пушино, 1981); научный семинар отдела математических методов ВЦ АН СССР (Москва, 1981); научный семинар лаборатории количественной экологии Института растений и животных УНЦ АН СССР (Свердловск, 1982); X зимняя школа «Системы с лимитирующими факторами» (Пушино, 1984); Всероссийская конференция «Организация, технология и опыт ведения кадастровых работ», (Москва, ноябрь 1997); семинары ГИС-ассоциации в Омске (1997, 1998), Нижнем Новгороде (1997), Тюмени (1996, 1998); доклады во время научных сессий (1995 - 1997) в рамках участия в выполнении научного проекта по линии INTAS в области геоинформационных технологий на базе Department of Regional Economics Vrije Universiteit Amsterdam (Нидерланды);

V Международная школа - «Фазовые диаграммы в материаловедении» (Katsyvely, Crimea, Ukraine, 1996); Международная научная конференция «Перспективы развития естественных наук на Урале» (Пермь, 1996); Научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии в машиностроении» (Тюмень, 1997); Научно-практическая конференция по природным, промышленным и интеллектуальным ресурсам Тюменской области (Тюмень, 1997); Всероссийская научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии» (Москва, 1998); XII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (Великий Новгород, 1999); Региональная научно-

техническая конференция «Природные и техногенные системы в нефтегазовой отрасли» (Тюмень, 1999); Всероссийская научно – техническая конференция «Перспективные материалы, технологии, конструкции» (Красноярск, 1999); XIII международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях ММТТ –2000» (С.-Пб., 2000); IV Сибирский конгресс по прикладной и индустриальной математике ИНПРИМ-2000 (Новосибирск, 2000); X Юбилейная всероссийская научно-практическая конференция по графическим информационным технологиям и системам КОГРАФ-2000 (Н.-Новгород, 2000); Межвузовская научно-техническая конференция «Управляющие и вычислительные системы, новые технологии» (Вологда, 2000). Международная научно-техническая конференция «Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта» (Вологда, 2001).

Работы по планированию физико-химических экспериментов проводились при поддержке грантов Министерства образования РФ по исследованиям в области фундаментального естествознания, раздел «Химия» и РФФИ(№ 98-03-32755а) в 1999г., РФФИ (№ 01-03-33322А) «Компьютерный и экспериментальный поиск новых структур в системах $A^nS - Ln_2S_3$ со сверхпроводящими свойствами» в 1999-2000 г.г.

Работы, связанные с созданием информационных кадастровых систем, выполнялись при поддержке гранта INTAS по программе «Land Use Management through Distance Learning of Spatial Information Systems» (Referense Number: 94-3011) в 1995-1997 г.г.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Объем диссертации - 288 страниц, включая 97 иллюстраций, 19 таблиц и список литературы из 248 наименований.

Содержание работы

Предложенная технология разработки информационных систем для научных исследований и прикладных задач конкретизирована в следующих разделах работы:

1. В главе 1 кратко излагается технологическая схема на примере уравнения Хатчинсона.

2. В главе 2 данная технология применяется к исследованию пространственных моделей динамики численности популяций.
3. В главах 3-4 технология информационного моделирования подробно излагается для задач исследования фазовых равновесий бинарных систем и изучения состава и свойств углеводородных смесей.
4. В главах 5-6 технология детально изложена применительно к построению кадастровых систем.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы, научная новизна, практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 является вводной. В главе сделан обзор по технологии реляционных баз данных и ее развитию применительно к классу информационных задач, для которых требуется интеграция программного кода и данных путем

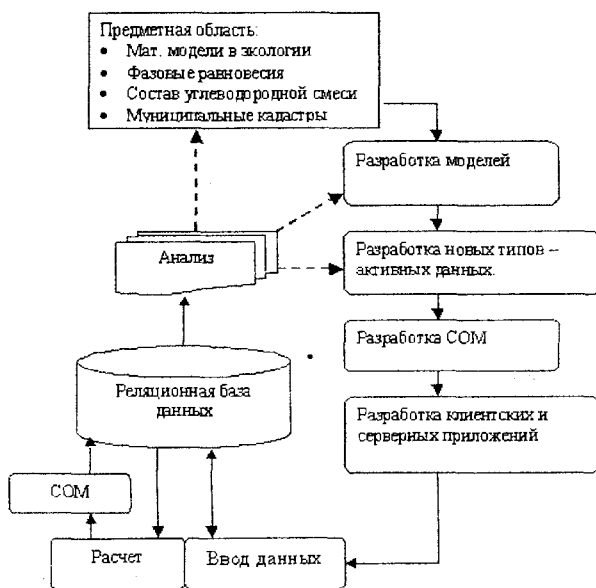


Рис. 1. Общая технологическая схема использования информационной системы для вычислительного эксперимента

включения на логическом уровне в реляционные таблицы атрибутов объектного типа - активных данных, методы которых обеспечивают специфическое поведение моделируемого объекта, например, расчет, визуализацию (см. рис.1.).

Далее, на примере численного исследования уравнения Хатчинсона

$$\frac{dN(t)}{dt} = RN(t) \frac{(K - N(t - h))}{K}, \quad (1)$$

которое в следующей главе используется для построения моделей динамики численности изолированной и взаимодействующих популяций, демонстрируется использование методологии информационных систем в задачах вычислительного эксперимента. Такой подход не только позволяет стандартными средствами эффективно анализировать результаты расчетов, но и создавать многопользовательский вариант пакета или виртуальную лабораторию, где по мере накопления данных возможно появление качественно нового сервиса: в идеале это анализ экспериментального материала и выбор наиболее подходящих моделей.

В главе 2 представлены результаты исследования сложных колебательных режимов, возникающих в распределенных моделях динамики численности популяций. Моделированию динамики природных экосистем, и, в частности, объяснению всплеск численности, посвящено значительное число работ. Математическая формализация основных теоретических концепций в этой области и создание целого ряда работающих моделей во многом определили современный этап в развитии экологии – ее переход из описательной в точные науки. Это позволяет естественным образом формулировать задачи динамики популяций и сообществ в терминах интегро-дифференциальных уравнений.

В первом разделе второй главы обобщены литературные данные по натурным наблюдениям и моделированию колебательных режимов динамики численности популяций на примере мышевидных. Проблема объяснения природы популяционных пиков мелких млекопитающих относится к классическим задачам экологии, поскольку данные популяции

идеально подходят для сопоставления моделей и биологической реальности. Этот важнейший компонент многих экосистем (тундровых, лесных, степных, горных) хорошо изучен с экспериментальной стороны. Популяции имеют ясное положение в системе трофических связей, представляют большой интерес с медицинской и хозяйственной точек зрения. При этом мелкие млекопитающие демонстрируют весь спектр режимов популяционной динамики, что дает возможность сформулировать основные проблемы, возникающие при построении моделей динамики численности популяций.

Следует отметить, что математическое моделирование не подменяет собой экспериментальные исследования, а, напротив, стимулирует накопление фактического материала, уточняет направление проводимых экспериментов. Многообразие математических и концептуальных моделей и успехи, достигнутые в применении имитационных моделей, естественным образом позволяют перейти к разработке информационных систем для исследования популяционной динамики, обеспечивающих единую технологию доступа к экспериментальным данным, моделям и результатам.

Во втором разделе исследуется влияние гетерогенности среды обитания на динамику численности изолированной и двух взаимодействующих популяций (конкуренция и хищничество). Относительно причин, вызывающих миграции, предполагается, что особи всегда мигрируют из мест с высокой численностью в места, где численность ниже, а интенсивность миграции пропорциональна относительной разности численностей. Такое предположение дает возможность ввести коэффициент подвижности вида, отождествив его с соответствующим коэффициентом диффузии. Пусть численность зависит только от одной пространственной переменной и ареал обитания конечен (в таких предположениях, не ограничивая общности, можно считать ареалом обитания отрезок $[0,1]$, поскольку к этому случаю всегда можно перейти с помощью замены). Пусть $N=N(t,x)$ - численность некоторой популяции, динамика численности которой может быть описана уравнением (1) в каждой точке $x \in [0,1]$. Обозначим через $K(x)$ емкость среды обитания в точке $x \in [0,1]$. Тогда функция $A(x)=1/K(x)$ является характеристикой неоднородности среды обитания. Не

ограничивая общности, будем считать, что $\int_0^1 A(x)dx = 1$. При

отсутствии миграции за границу ареала обитания для функции $N(t, x)$ имеем следующую краевую задачу

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + r(x)N(1 - F(t, N) - A(x)N(t - 1, x)), \quad (3)$$

$$\frac{\partial N}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\partial N}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0.$$

Здесь D - коэффициент подвижности, r - мальтузианский параметр. Неотрицательная функция $F(t, N)$ описывает стратегию изъятия особей. Известно, что при выполнении неравенства $r > \pi/2$ и при $D=0$ в каждой точке отрезка $[0, 1]$ возникает экспоненциально устойчивый периодический режим.

С помощью численного исследования задачи (3) при условии $A(x) = 1$, $F(t, N) \equiv 0$, $r = \text{const} > \pi/2$, то есть для однородной среды обитания и без внешнего воздействия на популяцию установлено, что при малых значениях коэффициента подвижности D в краевой задаче (3) появляется несколько зависящих от начальных условий сложных колебательных режимов, характерный вид которых приведен на рис. 2.

Определить коэффициент подвижности на основе анализа экспериментального материала достаточно сложно, поэтому имеет смысл провести численное исследование краевой задачи (3) при различных значениях D . Для оценки характеристики получающихся режимов при разных коэффициентах подвижности рассматриваем следующие величины:

$$m(D) = \frac{\min_{t > 0}}{1} \int_0^1 N(t, x) dx,$$

$$M(D) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^1 N(t, x) dx dt.$$

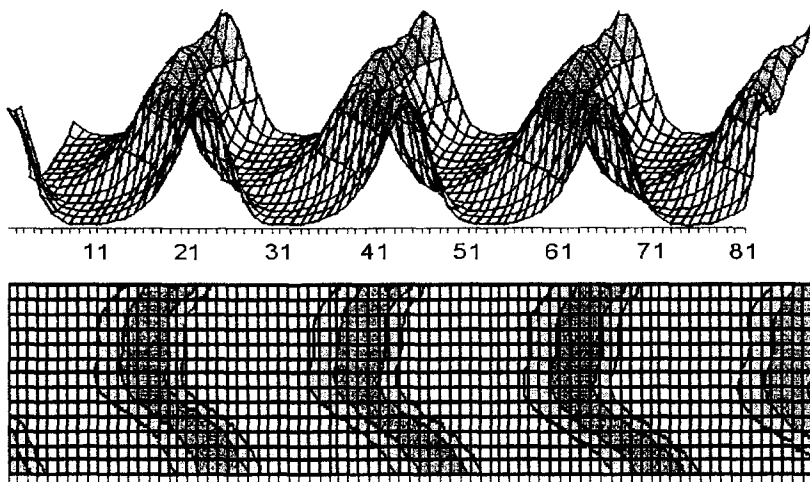


Рис. 2. Изолинии и общий вид решения краевой задачи (5) для однородной среды при малой диффузии

Сравнивая значения $m(D)$ и $M(D)$ при различных коэффициентах подвижности D , можно сделать вывод о наиболее выгодной для данного вида подвижности.

Численный анализ краевой задачи (3) показывает, что типичным является наличие такого интервала изменения подвижности, на котором высок минимум средней по пространству численности.

При малой подвижности в однородном ареале возможны различные (в зависимости от начальных условий) стационарные колебательные режимы (см. рис.2). То есть в однородном ареале популяции выгодно за счет подвижности создавать неоднородную по пространству структуру.

Динамическая средняя численность всегда несколько больше единицы, при этом она увеличивается как с ростом мальтузианского коэффициента, так и с уменьшением подвижности.

В том случае, когда среда обитания не является однородной, эффект рассинхронизации колебаний в различных частях ареала обитания проявляется и при более высоком коэффициенте

подвижности. Иными словами, интервал оптимальной подвижности расширяется.

Если на популяцию оказывается внешнее воздействие (изъятие особей, т.е. $F(t, N) \neq 0$, а $r = \text{const} > \pi/2$), численный анализ краевой задачи (3) позволяет сформулировать ряд выводов о динамике эксплуатируемой популяции.

Из девяти возможных способов сосуществования двух популяций наиболее популярными для математического моделирования являются конкуренция и хищничество. Распределенная модель двух конкурирующих популяций с учетом запаздывания и гетерогенности среды обитания строится на основе уравнения Хатчинсона (1) с точечным запаздыванием:

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N_1}{\partial x^2} + \frac{r_1}{1 + a_1} N_1 \left[1 + a_1 \left(1 - \frac{N_2}{K_2(x)} \right) - (1 + a_1) A_1(x) N_{1h_1} \right], \quad (4)$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{r_2}{1 + a_2} N_2 \left[1 + a_2 \left(1 - \frac{N_1}{K_1(x)} \right) - (1 + a_2) A_2(x) N_{2h_2} \right],$$

$$\frac{\partial N_i}{\partial x} \Big|_{x=0.1} = 0, \quad i = 1, 2. \quad (5)$$

Здесь $N_{ih_i} = N_i(t - h_i, x)$, $i = 1, 2$, r_i - мальтузианские коэффициенты видов, h_i - возрасты половозрелости, D_i - подвижности видов, a_i - коэффициенты конкуренции, $K_i(x)$ - положительные решения краевых задач:

$$D_i K_i''(x) + \frac{r_i}{1 + a_i} K_i(x) [1 - (1 + a_i) A_i(x) K_i(x)] = 0, \quad (6)$$

$$\left. \frac{dK_i}{dx} \right|_{x=0.1} = 0, \quad i = 1, 2.$$

В том случае, когда в уравнениях (4) не учитываются диффузионные слагаемые (точечная модель с запаздыванием), для системы справедлив результат, который аналогичен известному принципу Гаузе: в том случае, когда $a_1 a_2 < 1$, виды сосуществуют

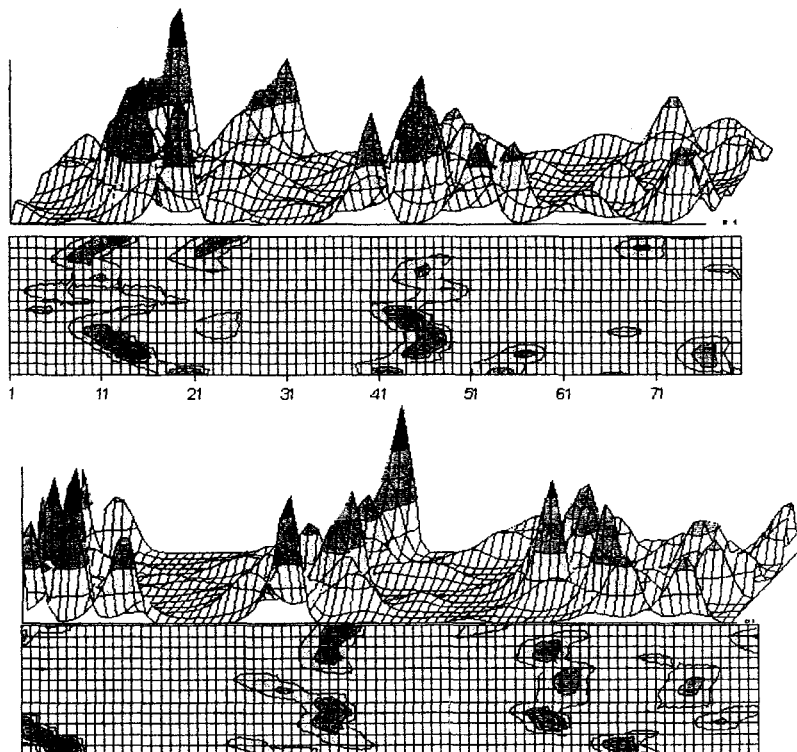


Рис.3. Сосуществование конкурирующих популяций

При $a_1 a_2 > 1$ один из видов вытесняет другой. То, какой именно вид будет вытеснен, частично определяется начальными

условиями, но обычно сохраняется вид с более высоким мальтузианским коэффициентом.

Было проведено численное исследование системы (4)-(6). Определяющие биологический вид популяций параметры h_i и r_i выбраны так, что модель можно интерпретировать как задачу о сосуществовании сибирского и копытного леммингов.

Установлено, что если коэффициенты подвижности у обоих видов одинаковы и малы, то виды сосуществуют, колебания носят сложный непериодический характер. Максимальные значения численностей в одних и тех же частях ареала разделены по времени. То есть, максимум численности одной популяции наступает в то время, когда численность другой минимальна. Отметим, что в случае одинаковой подвижности не наблюдается сильной зависимости решения от величины коэффициентов конкуренции, которая была выявлена на точечных моделях с запаздыванием. Иными словами, учет подвижности и неоднородности сглаживает влияние конкуренции (рис. 3).

Подвижности видов могут быть подобраны так, что два близких вида будут сосуществовать и в том случае, когда в упрощенной модели один из видов обязательно вытеснится.

Увеличение коэффициента подвижности приводит к повышению конкурентоспособности вида. В частности, численность менее подвижного вида может быть сильно ограничена и в том случае, когда произведение коэффициентов конкуренции меньше единицы.

Миграция и мозаичность среды обитания приводят к уменьшению амплитуды колебаний. Например, возможна ситуация, когда численность менее подвижного вида все время мала. При этом колебания основного вида существенно гасятся. Отметим, что только в этом случае колебания близки к периодическим.

Модель «хищник-жертва» для двух популяций с учетом неоднородности среды обитания для жертвы и миграции хищника за границу ареала обитания записывается в виде следующей краевой задачи:

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 N_1}{\partial x^2} + \frac{r_1}{1+a} N_1 \left[1 + a \left(1 - \frac{N_2}{K_2} \right) - A(x) N_{1h_1} \right], \quad (7)$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} = D_2 \frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + r_2 N_2 \left[\frac{N_1}{K_1(x)} - \frac{N_{2h_2}}{K_2} \right],$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial x} \Big|_{x=0,1} = \frac{\partial N_2}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial x} + \gamma N_2 \int_0^1 \left(1 - \frac{N_1}{K_1(x)} \right) dx \Big|_{x=1} = 0.$$

Здесь $N_1=N_1(t,x)$ численность жертвы, $N_2=N_2(t,x)$ - численность хищника в момент времени t в точке $x \in [0,1]$, $N_{ih_i} = N_i(t-h_i, x)$, r_i - мальтузианские коэффициенты, D_i - подвижность видов, h_i , $i=1,2$, - возрасты половозрелости, a - коэффициент давления хищника на жертву. Параметр γ характеризует интенсивность миграции хищника за границу ареала обитания. Без потери общности можно считать, что $K_2=1$ и функция $A(x)$, характеризующая гетерогенность среды обитания для жертвы, удовлетворяет условию

$$\int_0^1 A(x) dx = 1. \text{ Биологические параметры } r_i \text{ и } h \text{ выбираются}$$

так, чтобы модель можно было интерпретировать как задачу о сосуществовании популяций «песец – лемминги» или «лиса – мышевидные».

Анализ системы (7), (8) показал, что если коэффициент подвижности хищника достаточно мал, то при увеличении мальтузианского коэффициента жертвы состояние равновесия

$N_1=N_2=1$ может терять устойчивость так, что при незначительном изменении r_1 в правую полуплоскость переходит много корней соответствующего характеристического квазиполинома. Тогда пространственно однородное периодическое решение, которое в такой ситуации отступает от состояния равновесия $N_1=N_2=1$, в распределенной модели будет заведомо неустойчивым. Поскольку число взаимодействующих мод велико и среди них отсутствует иерархия, применение асимптотических методов становится невозможным. То есть исследовать свойства краевой задачи (7), (8) можно только численными методами. Использование численных методов при исследовании краевой задачи (7), (8) позволило установить следующие факты.

В задаче «хищник-жертва» при учете миграции хищника даже в однородном ареале возможно существование многих различных пространственно неоднородных устойчивых стационарных режимов (см. рис.4). Такую ситуацию можно интерпретировать как своеобразную форму хаотичности. Под влиянием внешних факторов экосистема переходит на другой режим. В этом случае ее динамика становится слабо прогнозируемой.

В модели с учетом миграции хищника за границу ареала обитания усредненная численность хищника возрастает. Учет таких дополнительных факторов, как неоднородное сопротивление среды, подвижность жертвы, уменьшает колебания, оставляя один режим. Появление нескольких качественно различных режимов может быть связано либо с чрезмерной идеализацией (например, не учитывается мозаичность среды обитания), либо с завышением таких биологических параметров, как мальтузианский коэффициент у хищника.

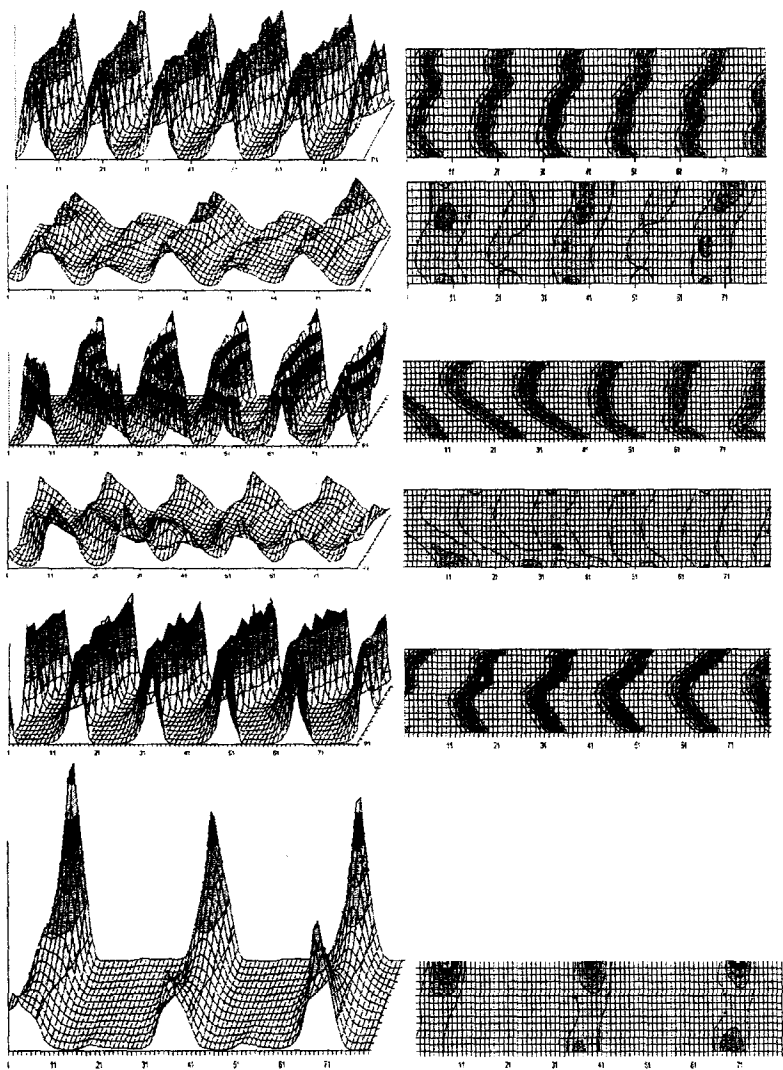


Рис.4. Различные колебательные режимы в задаче хищник-жертва

В главе 3 методология интеграции реляционных технологий и компьютерного моделирования используется для построения модели трансформации двухкомпонентных фазовых диаграмм. Компьютерная модель трансформации фазовых диаграмм в ряду систем создаётся на основе объектно-ориентированных технологий и используется в анализе и прогнозировании ряда бинарных систем. Основным типом (классом) выбран объект «двухкомпонентная фазовая диаграмма». Объекты, порождаемые этим классом, соответствуют нашим представлениям о реальных явлениях, исследуемых средствами физико-химического анализа. Внутренняя структура класса «двухкомпонентная фазовая диаграмма» состоит из атрибутов - полей данных, определяющих его состояние, и набора операторов или функций (методов, сервисов согласно объектно-ориентированной терминологии), которые применяются для экземпляров этого класса. Среди геометрических элементов фазовой диаграммы в качестве атрибутов выделяются точки невариантных равновесий, линии невариантных и моновариантных равновесий, области гомогенности. Построение фазовых диаграмм осуществляется в соответствии с двумя основными принципами физико-химического анализа (В.Я. Аносов, С.А. Погодин):

принцип непрерывности - при непрерывном изменении параметров, определяющих состояние системы, свойства отдельных её фаз изменяются непрерывно;

принцип соответствия - каждой фазе или комплексу фаз на диаграмме состояния соответствует определённый геометрический образ.

Принципы определяют поливариантный выбор методов класса - функций для математического описания элементов фазовых диаграмм. Предпочтение отдается гладким функциям, которые дифференцируются на всём интервале существования. Точки невариантных равновесий вносятся в математические зависимости как обязательные точки. Линии невариантных равновесий эвтектического, перитектического, монотектического типа являются прямыми, параллельными оси абсцисс.

Функциональные возможности созданной объектной модели реализованы в программах для графического построения и анализа фазовых диаграмм двухкомпонентных

систем, а также для построения модели трансформации фазовых равновесий в ряду систем. Программная реализация предложенной компьютерной модели обладает широкими сервисными возможностями: удобная разметка по координатным осям, масштабирование любого фрагмента диаграммы, штриховка заданных областей, создание надписей от простого текста до математических и химических формул любой сложности, печать диаграмм любого размера.

В рядах систем, образованных редкоземельными элементами или их соединениями, происходит постоянное изменение фазовых диаграмм. Преобразование диаграмм происходит также при изменении внешних параметров, в частности, давления. Как правило, экспериментально изучают диаграммы для определенных значений давления, что также приводит к образованию ряда диаграмм. При визуализации трансформации фазовых диаграмм в ряду систем образуется пространственная $T - X - N$ диаграмма. Она создаётся на основе аппроксимации и экстраполяции данных по экспериментально построенным фазовым диаграммам, зависимостям «состав–свойство». Каждая из $T - X$ диаграмм представляет собой класс объектов (элементов диаграммы). Каждый объект обладает определенными свойствами и признаками. Все геометрические объекты, проявляющиеся в данном ряду фазовых диаграмм, систематизируются путём объединения соответствующих элементов в логические связи. При математическом описании трансформации линий фазовых равновесий линия разбивается на n соответственно расположенных точек, где $n=2, 3, 4, \dots$ при обязательном включении крайних составов. Движение соответствующих точек образует в пространстве линию. Совокупность линий образует поверхность (рис.5).

Совокупность поверхностей образует пространственную $T - X - N$ диаграмму. В качестве N выступает фактор, вызывающий изменения в ряду систем: порядковый номер элемента в периодической системе, порядковый номер системы в ряду трансформации, радиус иона rLn^{3+} , значение термодинамической характеристики, внешний параметр системы, другие факторы, вызывающие трансформацию фазовой диаграммы. Совокупность математических соотношений, описывающих трансформацию всех элементов диаграмм в ряду систем,

является основой компьютерной модели трансформации фазовых диаграмм.

Фазовая диаграмма отражает фазовые равновесия в реальных системах. В процессе моделирования фазовые диаграммы рассматриваются как геометрические структуры. Логические связи, устанавливаемые между соответствующими элементами диаграмм, позволяют связать прогнозируемые геометрические диаграммы с реальными фазовыми равновесиями в новых системах.

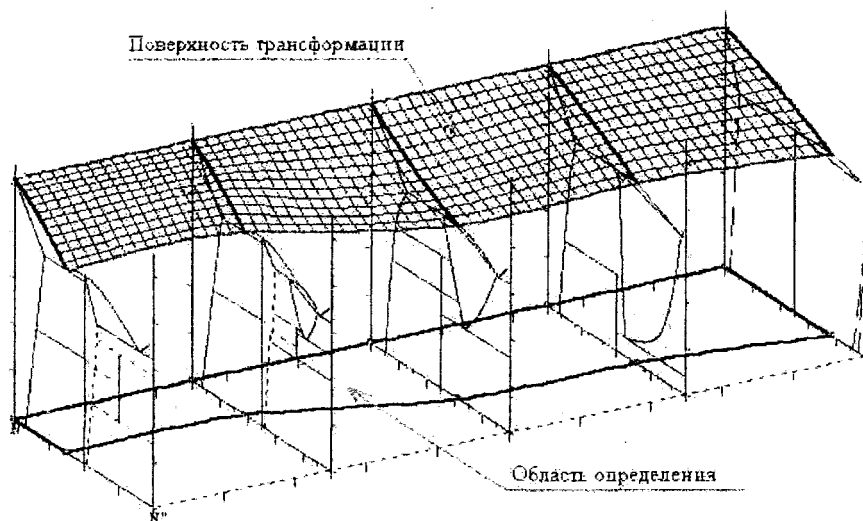


Рис. 5. Поверхность трансформации линии ликвидуса в системах $\text{CaS-Ln}_2\text{S}_3$

Рис. 6. Изменение фазовых диаграмм систем $\text{CaS} - \text{Ln}_2\text{S}_3$ в зависимости от величины rLn^{3+} и порядкового номера системы в ряду трансформации



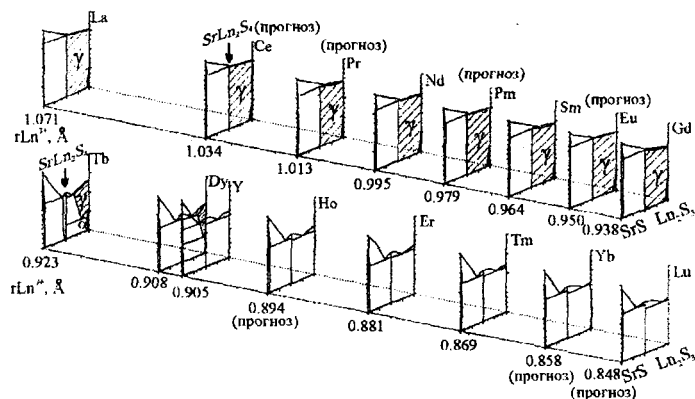


Рис. 7. Трансформация фазовых диаграмм систем $\text{SrS} - \text{Ln}_2\text{S}_3$

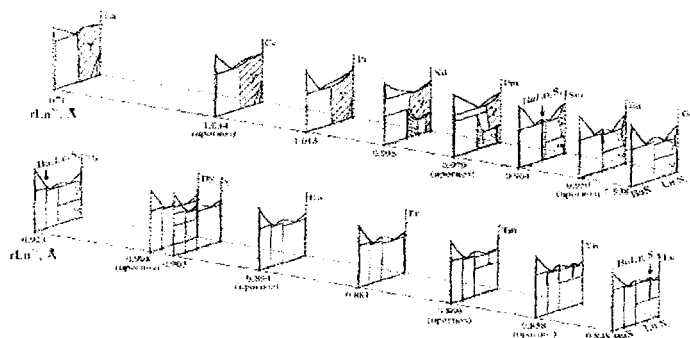


Рис. 8. Экспериментальные и спрогнозированные фазовые диаграммы систем $\text{BaS} - \text{Ln}_2\text{S}_3$

В главе 4 представлена информационная система для изучения состава и свойств газовой и жидкой фаз в углеводородных системах. В последние годы широкое развитие и применение при проектировании и анализе разработки и эксплуатации месторождений природных углеводородов получили двух- и

трехмерные композиционные модели, описывающие изменение давления, составов и свойств пластовых флюидов с учетом реального расположения сетки добывающих и нагнетательных скважин в неоднородных по коллекторским свойствам залежах. В композиционных моделях фазовое состояние пластовых смесей рассчитывается не на базе корреляций, полученных по данным экспериментальных исследований, а с использованием уравнений состояния.

Использование уравнений состояния находит широкое применение и в современных гидродинамических моделях, описывающих неизоэнтальпические процессы притока пластовых смесей к добывающим скважинам и их движение к земной поверхности, обработку добываемого сырья и транспортировку продукции в трубопроводах.

Можно выделить три направления в моделировании свойств углеводородов: первое - эмпирические корреляции; второе - применение объективных закономерностей строения и свойств углеводородов, третье - комбинация этих двух направлений. Значительный вклад в развитие расчетных методов определения свойств природных углеводородных смесей внесли: Д.Л. Катц, М.Б. Стендинг, Д. Пенг, Д.Б. Робинсон, Г.Ф. Требин, А.И. Хазнаферов и другие

Наличие надежных уравнений состояния не означает, что снижается необходимость в проведении экспериментальных исследований. Наоборот, именно комплексное использование данных экспериментальных исследований и математического моделирования позволяет получать и анализировать надежную информацию о свойствах систем природных углеводородов в широком диапазоне их компонентного состава и термобарических условий.

Несмотря на возрастающее число теоретических исследований, далеко не в каждом случае обеспечивается достаточное соответствие реально происходящим промысловым процессам, что усложняет корректную оценку эффективности технологических схем разработки и обустройства месторождений, систем сбора и подготовки нефти. Необходимы новые подходы к решению проблемы, сочетающие оптимальный объем лабораторных исследований и расчетные планы, основанные на закономерностях состава и свойств

нефтегазовых систем, выявленных в процессе анализа постоянно накапливаемых экспериментальных данных.

Одним из таких новых подходов может быть использование технологии информационных систем для работы с эмпирическими и расчетными данными, в которые в качестве активных данных включены расчетные модули.

В четвертой главе предложена общая технологическая схема расчета парожидкостного равновесия, которая реализована в универсальном расчетном СОМ объекте и апробирована на модели, основанной на модификации уравнения состояния Пенга – Робинсона:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\alpha}{V^2 + 2bV - b^2} \quad (9)$$

Проведены расчеты и выполнено сравнение с экспериментальными данными.

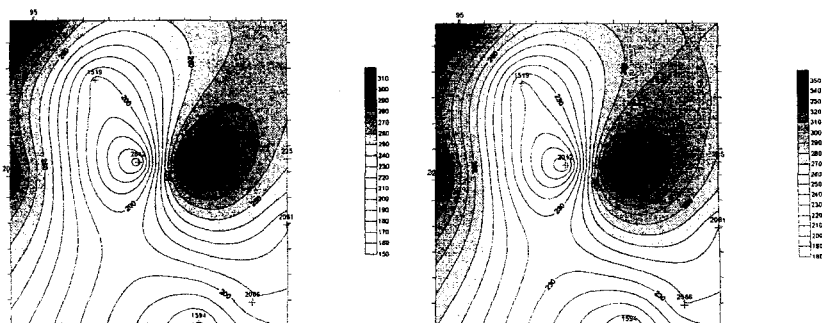


Рис.9 Карта изолиний газосодержания пласта БВ13 Варынского месторождения - расчет и эксперимент

На рис.9 представлены результаты расчета (слева) газового фактора по модели, использующей в качестве уравнения состояния уравнение Пенга-Робинсона (9) и экспериментальные данные (справа).

Главы 5 и 6 посвящены информационному моделированию и методологии создания прикладного программного обеспечения для городских кадастровых систем.

Анализируя процесс накопления данных в таких муниципальных системах учета как земельный кадастр, реестр недвижимости, реестр муниципальной собственности, реестр прав, можно выделить следующие уровни, или слои, на которых происходит интеграция информации:

1. уровень регистрации - содержит фактические сведения, полученные при первичной регистрации объектов учета, а также данные первичной систематизации и описательной статистической обработки;
2. уровень прикладных задач – здесь происходит накопление данных (например, арендные платежи, правоустанавливающие документы) по простым или составным объектам первого слоя;
3. уровень систематизации и описательной статистической обработки – позволяет делать выборки, оформляемые как стандартные отчеты по данным второго уровня, выполнять тематическое картографирование для данных, имеющих пространственную привязку, включает, например, экономический блок, предусматривающий возможность проведение кадастрового зонирования;
4. -теоретический уровень и моделирование – здесь развиваются основные концепции, позволяющие объяснить с единых позиций эмпирические закономерности, наблюдаемые на предыдущих уровнях. Здесь же конструируются компьютерные или математические модели, дающие методы прогноза и оптимизации тех или иных параметров учета.

Методология разработки информационных систем для градостроительства в нашей стране успешно развита А.И. Рюмкиным, В.И. Гладким, Б.А. Гладких, Н.Н. Казанцевым, Ю.Л. Костерюком и другими. Любой кадастр неотрывно связан с понятием учета, оценки состояния и использования учитываемых объектов, то есть, любая кадастровая деятельность предполагает выделение однородных объектов учета, с использованием количественных и качественных характеристик.

Содержимое кадастровой информационной системы обычно определяется, с одной стороны, нормативными документами федерального уровня, а с другой - региональными задачами. Анализ этих требований позволяет выделить две взаимосвязанные составляющие информационной базы городских кадастровых систем.

Первая составляющая - установленная государством система учета, регистрации и оценки кадастровых объектов.

Вторая составляющая – данные, представляющие особый интерес для решения задач на муниципальном уровне.

Например, для городского земельного кадастра: *первая составляющая* направлена на регулирование земельных отношений и включает сведения о правовом, хозяйственном и природном состоянии земель (техническое, экономическое и правовое описание земель). Это достаточно стабильная, в основном семантическая часть информационной базы, которая обязательна для всех подразделений, ответственных за земельный кадастр поселения. В первую очередь, сюда относится правовая и регистрационная инвентаризация - выделение кадастровых районов, зон, участков, присвоение кадастровых номеров, поддержка адресного реестра и т.д. Эта информация сравнительно редко обновляется, и здесь основные проблемы заключаются в обеспечении первоначального заполнения базы. *Вторая составляющая* - мелкомасштабные картографические слои, зоны градостроительной ценности, поддержка избирательных кампаний, а также все аспекты земельного кадастра, которые связаны с земельными платежами и операциями с земельными участками, дающими доход в бюджет, - земельный налог, арендная плата, нормативная цена земли и т.п. Изменение этих данных происходит значительно чаще. По этим изменениям требуется хранить историю. Более того, на местном уровне часто возникают новые задачи, требующие дополнения кадастровой базы, как новыми атрибутами, так и новыми векторными слоями с соответствующей семантикой.

Государственная система учета и муниципальная составляющая информационной базы кадастра во многом пересекаются, дополняя друг друга. В двух последних главах представлены результаты разработки таких методов формирования, использования и обновления информационной базы кадастров поселений, которые интегрируют эти блоки в единой информационной базе. Здесь же описаны соответствующие пользовательские автоматизированные рабочие места (АРМ).

Отметим, что эффективный обмен данными различных муниципальных ИС возможен только в том случае, если еще на

этапе проектирования предполагается соблюдение неких общих принципов, гарантирующих их открытость.

Открытость муниципальных ИС является концептуальной основой для коммуникационных процессов. Она определяет все задачи, решаемые при организации эффективного взаимодействия различных ИС, группируя их по перечисленным выше уровням.

Использование слоистой модели проектирования открытой кадастровой ИС имеет многочисленные достоинства, как при разработке конкретной системы, так и при организации обмена данными между различными системами:

- облегчает решение сложных задач, разбивая их на несколько независимых уровней, связанных между собой с помощью специально разработанных стандартных интерфейсов, что упрощает взаимодействие;
- поскольку множества операций на разных уровнях не пересекаются, то это дает возможность разработчику сосредоточиться лишь на реализации функций одного уровня.

Последнее важно, потому что при внесении изменений на одном уровне, нет необходимости менять что-либо на других.

В данной работе технология проектирования городских кадастровых систем продемонстрирована на примере земельного кадастра, который представляет собой связующую основу городской информационной среды. В разделе 1 главы 5 сделан обзор по современному состоянию земельных кадастров в России и за рубежом. Обобщая приведенный материал, можно сделать вывод о том, что на протяжении всей истории земельных кадастров их главной целью являлось организационное и информационное обеспечение земельной таксации на основе постоянно актуализирующейся информации о текущей рыночной стоимости земельных участков. С развитием современных компьютерных технологий роль земельного кадастра расширяется. Сбор, хранение данных, а также эффективный доступ потребителей к разнообразной информации имеют важное значение для формирования информационной среды поселений.

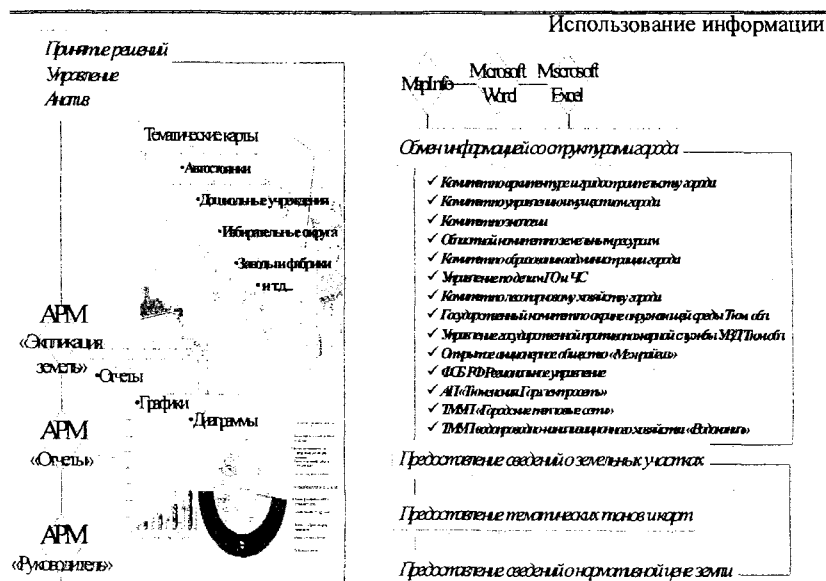
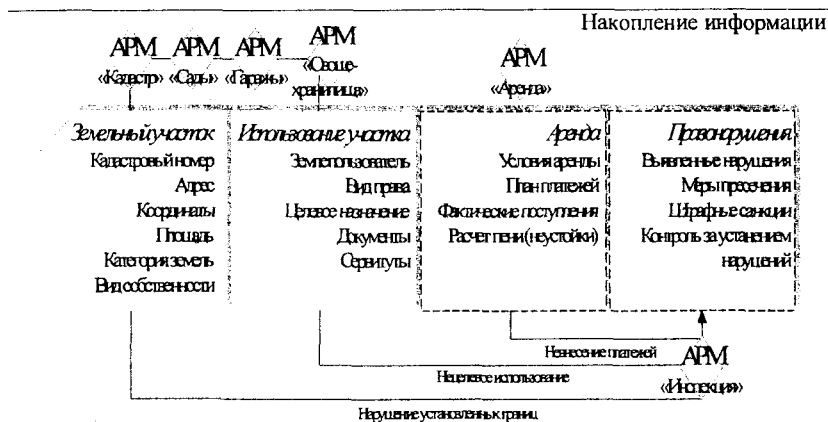


Рис. 10. Автоматизированные рабочие места, определяющие пользовательскую часть земельного кадастра

В настоящее время общепризнанно, что грамотно спроектированная информационная база земельного кадастра предоставляет единую точку доступа к различной информации, собираемой в городских службах. Именно городской земельный кадастр обеспечивает технологическую возможность надежного функционирования всей городской информационной среды, так как может служить обобщенной картой высокого уровня, помогающей осуществлять обмен данными между источниками информации (см. рис. 10).

Иными словами, при проектировании городского земельного кадастра необходимо учитывать, что по мере накопления данных информационная система будет постепенно заменяться системами многоцелевого назначения, то есть начинается осуществление преобразование кадастра в направлении создания всеобъемлющей системы информации о территории..

Несмотря на то, что земельно-кадастровая информация, обладая свойствами комплексной интеграции и взаимосвязанности разнородных данных, позволяет рассматривать земельный кадастр поселений как основу информационной системы города, на пути практического построения муниципальной информационной системы встречаются существенные трудности. Так как сбор данных в городе осуществляется независимыми организациями, то, естественно, происходит дублирование информации. Интуитивно ясно, что избыточность данных вредна, и идея борьбы с избыточностью, то есть ликвидация дублирования работ, которые осуществляют городские службы при вводе данных, становится зачастую идеологической основой для реорганизации служб. Тем не менее, веские практические и технические причины требуют наличия нескольких копий хранимых данных. Таким образом, у дублирования данных есть положительный аспект - это гарантия корректности информации в том случае, когда данные, полученные из различных и независимых источников, совпадают. При умелом использовании избыточности затраченные на сбор данных средства реально тратятся на повышение достоверности информации. Отметим, что такая избыточность должна строго контролироваться, и, естественно, нужно предусматривать возможность множественного обновления.

Помимо проблемы дублирования информации в главе 5 обсуждаются и другие более сложные правовые и организационные вопросы функционирования информационной среды поселения.

На основе современных информационных технологий любые кадастровые операции могут быть в той или иной мере автоматизированы. Например, автоматизированный документооборот, блок подготовки и печати тех или иных документов, использование базы данных справочников и классификаторов, использование технологии работы с базами данных для учета землепользователей, различные программы для работы с информацией об арендных платежах и налоговых сборах за пользование земельным участком, элементы ГИС-технологий при работе с планами участков, сбор топографо-геодезической информации (сканеры, дигитайзеры, электронные тахеометры, светодальномеры, спутниковые системы GPS). При этом, чем больше таких локальных участков автоматизации осваивается, тем острее ставится задача совместного использования собираемой информации. То есть развитие локальной автоматизации естественным образом приводит к задаче разработки комплексной компьютеризированной системы информационной поддержки кадастровой деятельности. Основная цель такой системы - содержать информацию и быстро предоставлять ее по требованию пользователей. При таком подходе нельзя обойтись написанием единой программы, которая включает все функции. Здесь требуется создание информационной среды, обеспечивающей эффективное использование кадастровой информации многими узкоспециализированными программами.

В конце главы 5 сделан обзор программных средств и информационных технологий, использующихся для создания автоматизированного земельного кадастра.

Глава 6 посвящена моделированию информационной системы городского земельного кадастра. Информационная система создается как система взаимодействующих между собой самодостаточных информационных объектов, в совокупности моделирующих все реальные объекты учета и существенные связи между ними. Основные информационные объекты базы земельного кадастра поселений представлены на рис. 10.

Все информационные объекты проектируются так, чтобы их можно было наращивать с минимальными изменениями старой конструкции. В эти информационные объекты помимо данных включены функции (методы), позволяющие получать вычисляемую информацию. К примеру, информационный объект, связанный с денежным учетом (реестр договоров аренды), возвращает не только сумму как число, но и сумму как текст. Этот же объект рассчитывает такие показатели (свойства), как пени и штрафы по показателям плана и факта выплат. Информационный объект, связанный с топогеодезической информацией, возвращает площадь, периметр, смежества, топлан для конкретного участка и т.д.

Сформированная таким способом информационная система обеспечивает возможность создания на основе земельного кадастра любой информационной системы (архитектурной, транспортной, инженерных коммуникаций, социальной, экологической и т.п.). Кроме того, на такой информационной базе создаются пользовательские рабочие места для решения муниципальных задач.

Следующие АРМ обслуживают задачи ведения городского кадастра:

- земельные дела (инвентаризация),
- подготовка документов,
- межевое дело (геодезия),
- экспликация земель,
- садоводческие товарищества,
- гаражные кооперативы,
- овощехранилища.

АРМ для решения муниципальных задач:

- аренда,
- инспекция (учет правонарушений),
- реклама,
- руководитель.

Основные результаты

1. Разработаны технологии для объединения в информационной системе традиционных подходов вычислительного эксперимента и реляционных баз данных, которые позволяют создавать распределенные информационные системы для моделирования сложных динамических процессов в различных областях: вычислительный эксперимент, автоматизация научных исследований, решение задач управления в экономике.
2. На основе единого подхода для работы со структурированными и пространственными данными в задачах популяционной динамики, планирования эксперимента и сложных кадастрах реализована технология моделирования информационных систем вычислительного эксперимента с математическими и концептуальными моделями.
3. Найдены общие закономерности поведения решений ряда распределенных моделей динамики численности популяций, использующих диффузию для аппроксимации процессов пространственной миграции.
4. Созданы компьютерные модели и прикладное программное обеспечение для исследования трансформации фазовых диаграмм в системах $A''S - Ln_2S_3$ ($A'' = Ca, Sr, Ba$; $Ln = La - Lu, Y$). На их основе спрогнозированы фазовые диаграммы 18 малоизученных систем.
5. Создана информационная система для изучения состава и свойств газовой и жидкой фаз в углеводородных системах.
6. Разработана методология формирования, использования и обновления информационной базы кадастров исследований.

Основные публикации автора по теме диссертации

1. Захаров А.А. О гомотопической эквивалентности линейных диф. операторов. //Сибирский матем. журнал. 1977, Т. XVII. № 2. С.465-468.
2. Захаров А.А. О граничных решениях уравнения Риккати с п.п. коэффициентами. // Межвуз. темат. сб. "Исследования по устойчивости и теории колебаний", Ярославль, 1978. С.125-126.
3. Захаров А.А. О некоторых свойствах уравнения Риккати с п.п. коэффициентами. //Межвузовский сб. "Исследования по устойчивости и теории колебаний", Ярославль, 1980. С.75-78
4. Захаров А.А. Об одном свойстве дифференциальных операторов с п.п. коэффициентами. //Межвузовский сб. "Исследования по устойчивости и теории колебаний", Ярославль, 1980. С.132-133.
5. Захаров А.А., Колесов Ю.С., Спокойнов А.Н., Федотов Н.Б. Теоретическое объяснение десятилетнего цикла колебаний численности млекопитающих в Канаде и Якутии // Межвуз. темат. сб. Исследования по устойчивости и теории колебаний. ЯГУ. Ярославль. 1980. С.79-131.
6. Захаров А.А. О численном решении одной системы параболического типа с запаздыванием // Препринт № 47 Института теор. и прикл. механики СОАН СССР. Новосибирск. 1980. С.11-12.
7. Захаров А.А. Численное исследование системы уравнений Колесова, моделирующих задачу «хищник-жертва» с учетом давления хищника на жертву и его миграции за границу ареала обитания // Диф. уравнения и их применение. Вып.29, ИМК АН Лит. ССР. Вильнюс. 1981. С.9-26.
8. Захаров А.А. Об одной модели динамики численности популяций // Тез. докл. Межвузовская конференция молодых ученых. ТюмГУ, Тюмень. 1982. С.54.
9. Захаров А.А. Охота в неоднородной среде // Межвузовский тематический сборник. Исследования по устойчивости и теории колебаний. ЯГУ. Ярославль. 1982. С.3-19.
10. Захаров А.А., Рысина Н.В. Динамика численности вида, обитающего в неоднородной среде и имеющего неоднородный коэффициент линейного роста// Межвузовский

- тематический сборник. Исследования по устойчивости и теории колебаний. ЯГУ. Ярославль. 1982. С.55-65.
11. Захаров А.А., Колесов Ю.С., Пространственно-неоднородные режимы в задаче «хищник-жертва»// Межвузовский тематический сборник. Исследования по устойчивости и теории колебаний. ЯГУ. Ярославль. 1982. С.3-17.
 12. Захаров А.А. Жесткая конкуренция в неоднородной среде// Межвуз. темат. сборник. Исследования по устойчивости и теории колебаний. ЯГУ. Ярославль. 1984. С.16-34.
 13. Захаров А.А. Численная проверка двух гипотез Ю.С. Колесова// Межвузовский тематический сборник. Нелинейные колебания в задачах экологии: Ярославль. ЯГУ. 1985. С.44-54.
 14. Захаров А.А. Моделирование динамики численности популяций с учетом неоднородности Среды обитания// Препринт № 64(85) Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Свердловск, 1985. С.36-55.
 15. Захаров А.А., Земцов В.Б., Шмурыгин П.А. Комплекс средств для создания программного обеспечения для микроЭВМ// Сборник тезисов. Всесоюзная конференция «Внедрение новых технологий в разработку и функционирование АСУ». Свердловск, 1987. С.26.
 16. Деревнина А.Ю, Захаров А.А., Земцов В.Б., Шмурыгин П.А. Экранный редактор данных и малая информационно-поисковая система для 8-разрядных микроЭВМ// Сборник тезисов. Обл. конференция «Использование микропроц. средств»: Сборник тезисов. ТГУ. Тюмень, 1987. С.18-19.
 17. Деревнина А.Ю, Захаров А.А., Христохина Л.В., Комплекс программных средств для автоматизации медицинского обследования вахтовых экспедиций// Отчет по НИР. № рег. ВИНТИ 01870013206, инв.№ 02880025725. ТГУ, 1987. 49 с.
 18. Деревнина А.Ю, Захаров А.А., Земцов В.Б., Шмурыгин П.А.. Об одном подходе к разработке программного обеспечения АРМ на микроЭВМ// Межвузовский тематический сборник. Теория и практика систем информатики и программирования. НГУ. Новосибирск, 1988. С.55-59.
 19. Захаров А.А. Разработка программного обеспечения АРМ для работы с данными табличного типа. Тюмень: Изд. ТГУ, 1988. 27с.

20. Деревнина А.Ю., Захаров А.А., Хритохина Л.В. Программные средства для автоматизации медико-биологических исследований// Отчет по НИР. № Гос. рег. ВИНТИ 01880018020, инв. № 02900055418. ТГУ, 1989. 53 с.
21. Захаров А.А., Земцов В.Б., Шмурыгин П.А. Разработка программных средств для микроЭВМ// Отчет по НИР. Гос. рег. номер ВИНТИ 01870013207, инвентарный номер 02880025724. ТГУ, 1989. 48 с.
22. Захаров А.А. Программное обеспечение для автоматизации работы с данными экологической экспертизы, представленными в виде кривых// Сборник тезисов. XVIII Всесоюзная школа-семинар «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования». ВЦ АН СССР, РГУ Ростов-на-Дону. 1990. С.111.
23. Галкин В.Ю., Захаров А.А., Земцов В.Б. О некоторых подходах к разработке программного обеспечения для микропроцессорных систем нижнего уровня АСУ ТП добычи нефти. //Межвуз. тематический сборник. Проблемы освоения нефтегазовых резервов Зап. Сибири. ТИИ, ТГУ Тюмень.. 1990. С.78-82.
24. Захаров А.А., Захарова И.Г., Ступников А.А. Комплекс программных средств для визуализации динамограмм и диагностики состояния ГНУ. //Сборник тезисов научно-практической конференции. Использование микропроц. средств. ТИИ. Тюмень, 1987. С.16-17.
25. Галкин В.Ю., Захаров А.А., Земцов В.Б. АРМ технолога сварочных работ на магистральных трубопроводах //Управляющие машины и системы. 1991, № 2. С.128-129.
26. Захаров А.А., Семикин В.А., Шаров В.В., Широких А.В. Программный продукт, расширяющий возможности EXCEL при работе с картами и схемами// Сборник тезисов. Всероссийский форум «Геоинформационные технологии». ИГ РАН. Москва, 1995. С.14-15.
27. Захаров А.А. Программное обеспечение для городского земельного кадастра// Межвузовский тематический сборник. Математическое и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень. 1996. С. 41 - 46.
28. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С. Программа графического создания фазовых диаграмм // Сборник трудов конференции. 5-ая международная школа

«Фазовые диаграммы в материаловедч. науке». ИХТ УрО АН РФ. Кацевели, 1996. С.10

29. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С. Программа графического построения и анализа зависимостей «состав-свойство» и фазовых диаграмм состояния// Сборник тез. докладов. Международная научная конференция «Перспективы развития естественных наук на Урале». Пермь, 1996. С.117.
30. Захаров А.А., Программный комплекс для городского земельного кадастра// Межвузовский тематический сборник. Матем. и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень, 1997. С.150 – 154.
31. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С. Компьютерная программа графического построения «PhaseGrater»// Сборник трудов конференции. Научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии в машиностроении». ТИИ, ГТНГ, Тюмень, 1997. С.51-52
32. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С. Компьютерная программа для обработки и графического построения данных эксперимента// Сборник тезисов. Научно-практическая конференция по природным, промышленным и интеллектуальным ресурсам Тюменской области. Адм. ТО, ТГУ. Тюмень, 1997. С.186-187.
33. Попов В.М., Ильюшонок В.М., Филиппов В.А., Захаров А.А. Земельный кадастр города Тюмени// Налоги, инвестиции, капитал. Информационно-аналитический журнал. Москва 1997. №3(6). С.13-17.
34. Андреев О.В., Захаров А.А., Котомин Л.Л., Орлов П.И., Сикерин С.С. Математическая модель трансформации фазовых равновесий // Сборник трудов. XII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях». ННГУ. Великий Новгород, 1999. С. 118 – 119.
35. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С., Оленников Е.А. Программы графических построений и моделирования// Сборник трудов. XII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях». ННГУ Великий Новгород, 1999. С.129–131.
36. Андреев О.В., Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С., Оленников Е.А. Компьютерные исследования математической модели трансформации фазовых равновесий// Сборник

- тезисов Международная научная конференция «Математические модели и методы их исследования». Красноярск, 1999. С. 119 – 121.
37. Захаров А.А., Орлов П.И., Сикерин С.С., Оленников Е.А. Моделирование диаграмм состояния// Сб. трудов. XIII международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях ММТТ –2000»: Т.6, С.-Пб., 2000. С. 158.
38. Андреев О.В., Захаров А.А., Котомин Л.Л., Оленников Е.А. Программы автоматизации экспериментальных исследований и Internet// Сборник тезисов. Межвузовская научно-техническая конференция «Управляющие и вычислительные системы, новые технологии»: Вологда, 2000. С.175-177.
39. Андреев О.В., Захаров А.А., Котомин Л.Л., Оленников Е.А. База данных диаграмм состояния в сети Internet// Тезисы докладов Четвертый сибирский конгресс по прикладной и индустриальной математике ИНПРИМ-2000:. Часть III. СО РАН Новосибирск, 2000. С.9-10.
40. Захаров А.А., Ильюшонок В.М., Шелудкова О.В. Об одном подходе к формированию, использованию и обновлению информационной базы городского земельного кадастра // Сборник тезисов. Международная научно-практическая конференция. Пермь, 2000. С.214-216.
41. Воробьева М.С., Захаров А.А., Широких А.В., Шелудкова О.В. Разработка и исследование моделей и организационно-технологических схем учета недвижимости// Межвузовский тематический сборник. Математическое и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень, 2000. С. 151-157.
42. Андреев О.В., Захаров А.А., Котомин Л.Л., Кудряшов Б.Р., Оленников Е.А. Интерактивная научная графика в Интернет на примере визуализации диаграмм Гиббса // Межвузовский тематический сборник. Математическое и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень, 2000. С. 158-164.
43. Захаров А.А. Методология геоинформационных систем и реляционных технологий в задачах вычислительного эксперимента с математическими и концептуальными моделями// Сборник научных трудов. X Юбилейная всероссийская научно-практическая конференция по графическим информационным технологиям и системам КОГРАФ-2000. Н. Новгород, 2000. С.150-154.

- 44.Хритохин Н.А, Андреев О.В., Захаров А.А.,Оленников Е.А
Решение прямых и обратных задач термодинамики фазовых превращений в обработке экспериментальных данных // Сборник научных трудов. Математические методы в технике и технологиях ММТТ-2000. 14 международной научной конференции, том 6, Смоленск, 2001, С.14-15
- 45.Andreev O.V., Zakharov A.A., Olenikov E.A. Computer database of the phase diagrams //«Phase Diagrams in Materials Science», 6 International School – Conference PDMS VI 2001.KYIV, 2001. P.182.
- 46.Андреев О.В., Захаров А.А.,Оленников Е.А Нахождение энтальпии плавления путем решения обратных задач термодинамики фазовых превращений.// Материалы межвузовской электронной научно-технической конференции. Управляющие и вычислительные системы. Новые технологии. Вологда, 2001. С.105-106.
- 47.Захаров А.А., Широких А.В. Информационные технологии в задаче подсчета запасов углеводородного сырья. Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта.//Сборник научных докладов Международной научно-технической конференция. Вологда, 2001. С.190-192.
- 48.Andreev O.V., Zakharov A.A., Olenikov ... Computer modeling and experimental building of the phase diagram of system $\text{SrS}-\text{Y}_2\text{S}_3$ //Conference works «Phase Diagrams in Materials Science», 6 International Conference PDMS VI 2001.KYIV 2002, p.200-205
- 49.Захаров А.А., Широких А.В. Информационные системы: моделирование и программная реализация. Тюмень: Изд. Тюменского госуниверситета. Электронное издание. № государственного учета 0320200393. Тюмень, 2002. 208 с.
- 50.Захаров А.А., Широких А.В. Программный моуль для работы с RTF форматом.//"ООО Реагент" . № гос. рег. 032000393. Тюмень, 2002.
- 51.Захаров А.А., Широких А.В. Ярышева И.Я. СОМ объект для моделирования фазового равновесия в углеводородной среде.// "ООО Реагент" . № государственного учета 0320200395. Тюмень, 2002.
- 52.Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Аренда земельных участков поселения».// Администрация г.

- Тюмени. Городской земельный комитет. № государственного учета. 0320200400. 2002.
53. Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Аренда муниципального имущества»// Администрация г. Тюмени. Департамент имущественных отношений. № государственного учета 0320200397. 2002.
54. Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Земельные дела»// Администрация г. Тюмени. Городской земельный комитет. № государственного учета 0320200401. 2002.
55. Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Реестр муниципального имущества»// Администрация г. Тюмени. Департамент имущественных отношений. № государственного учета 0320200396. 2002.
56. Воробьева М.С., Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Аренда недвижимости – областная собственность»// Администрация Тюменской области. Департамент управления имуществом. № государственного учета 0320200398. 2002.
57. Воробьева М.С., Захаров А.А. Желудкова О.В. Информационная система «Учет недвижимости – областная собственность»// Администрация Тюменской области. Департамент имущественных отношений. № государственного учета 03202. 2002.
58. Захаров А.А., Желудкова О.В. Информационные системы для муниципальных кадастров. // Межвузовский тематический сборник. Математическое и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень, 2002. С.78-83.
59. Захаров А.А., Нестерова О.В. Информационная система для исследований газонасыщенных нефтей// Межвузовский тематический сборник. Математическое и информационное моделирование. ТГУ. Тюмень, 2002. С.101-107.
60. Захаров А.А., Широких А.В. Информационные системы для задач численного моделирования. Тюмень: Изд. Тюменского государственного университета, 2002. 184 с.

Соискатель



А.А.Захаров

ЛР 020405 от 14.05.97
Подписано в печать 9.04.02. Тираж 100 экз.
Объем 2,0 уч.-изд. л. Формат 60х84/16. Заказ 217.

Издательство Тюменского государственного университета
625000, г. Тюмень, ул. Семакова, 10.